

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ**

Кафедра Управления качеством

А.Р. ЗАКИРОВА

Статистические методы в управлении качеством
Пособие для проведения практических занятий

Казань – 2015

УДК 65.011
ББК (Ж/О) 30.606

*Принято на заседании учебно-методической комиссии
Инженерного института
Протокол № 3 от 26 ноября 2014 года*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры
Управления качеством КФУ **И.И. Хафизов;**
доктор технических наук, профессор кафедры
Производства летательных аппаратов КНИТУ-КАИ **З.Б. Садыков**

Закирова А.Р.

Статистические методы в управлении качеством/ А.Р. Закирова. –
Казань: Казан. ун-т, 2015. – 40 с.

Настоящее учебное пособие предназначено для изучения и практического овладения методами контроля качества и управления технологическими процессами, а именно контрольный листок, диаграмма Исикавы, диаграмма Парето, диаграмма рассеивания, диаграмма стратификации, контрольные карты.

В учебном пособии подробно описана методика и приведены примеры применения инструментов контроля и управления качеством производственных процессов приборостроения. После каждой практической работы задаются контрольные вопросы для самопроверки, приводятся формулы для расчетов там, где это необходимо.

В приложении содержатся необходимые статистические таблицы и справочные данные. Настоящее учебное пособие адресовано, в первую очередь, студентам таких специальностей, как «Управление качеством», «Стандартизация и метрология», а также широкому кругу читателей, интересующихся указанными проблемами.

© Закирова А.Р., 2015

© Казанский университет, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Качество продукции – важнейший показатель конкурентоспособности предприятия. Для уменьшения затрат и достижения уровня качества, удовлетворяющего потребителя, нужны методы, направленные не на устранение дефектов (несоответствий) готовой продукции, а на предупреждение причин их появления в процессе производства.

Применение статистических методов позволяет с заданной точностью и достоверностью судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе качества; прогнозировать и регулировать возникновение проблем в области качества; вырабатывать оптимальные управленческие решения, не на основе эмоций, ощущений и интуиции, а на основе изучения фактических данных, тенденций и закономерностей.

Статистические методы, основанные на теории вероятностей и математической статистики, могут быть использованы на всех этапах жизненного цикла продукции для оценки и учета степени неоднородности или изменчивости ее характеристик относительно требуемых значений, а также учета настроенности и изменчивости процессов ее создания.

В настоящее время в мировой практике статистические методы наиболее широко применяются для решения следующих инженерных и производственных задач:

- осуществление сбора и регистрации исходных данных в виде, удобном для их последующего анализа и осмысления;
- проведение анализа и оценки качества продукции с помощью статистической обработки информации о качестве продукции, имеющей, несомненно, случайный характер;
- осуществление планирования и анализа результатов выборочного контроля качества продукции на различных этапах производственного процесса;
- применение процедур статистического анализа, регулирования и управления технологическими процессами;
- проведение оценки точности, настроенности и стабильности технологических процессов, а также оценки идентичности работы однотипного технологического оборудования;
- прогнозирование и контроль надежности продукции.

Статистические методы контроля качества в настоящее время применяются не только в производстве, но и в планировании, проектировании, маркетинге, материально-техническом снабжении и т.д.

Применяемые для решения перечисленных задач статистические методы в большинстве случаев регламентированы международными и государственными стандартами.

Настоящее пособие включает в себя простые статистические методы, с освоения которых целесообразно начинать, а затем переходить к освоению более сложных методов обеспечения качества.

Практическая работа № 1.
Тема1 КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК

- Цель работы:** 1. Изучение методов сбора и систематизации данных.
2. Приобретение навыков разработки и анализа контрольных листков.

Методика разработки формы контрольного листка для сбора информации, обработки и анализа данных о производственном процессе.

Контрольный листок служит методом сбора и упорядочения первичных данных, которые могут быть как количественными, так и качественными.

Цели сбора данных в процессе контроля качества состоят в следующем:

- контроль и регулирование процесса;
- анализ отклонений от установленных требований;
- контроль выхода процесса.

В зависимости от цели сбора статистических данных форма бланка контрольного листка может быть самой разнообразной. Простейшим примером контрольного листка может служить журнал учета посещения студентами занятий.

В производственных условиях часто возникает вопрос о вариации в показателе качества изделия. Если производить только один замер в день, то нельзя судить об изменениях состояния в течение дня. Или, если вы хотите понять, кто из двух работников допускает дефекты, то надо брать отдельные выборки из партий, изготовленных ими продукции, чтобы можно было сравнить работу каждого из них. Если сравнение указывает на явные различия, то меры по их устранению также будут способствовать уменьшению изменчивости процесса.

Контрольный листок отражает частоту появления изучаемого события.

Форма листка разрабатывается в соответствии с конкретной поставленной целью, но есть обязательные группы данных:

- объект изучения (например, наименование и чертеж изделия или детали);
- таблица регистрации данных о контролируемом параметре (например, линейный размер изделия или детали);
- место контроля (цех, участок);
- должность, фамилия и подпись работника, регистрирующего данные;
- должность, фамилия и подпись изготовителя;
- дата;
- продолжительность наблюдения;
- наименование контролирующего прибора (если он используется в ходе наблюдения).

В регистрационной таблице в графе «отметки» проставляются точки, крестики и прочее, соответствующие количеству наблюдений, таким образом, чтобы их легко было подсчитывать. Рекомендуется обнаруженные несоответствия помечать штрихом в графе «отметки» в виде группы **|||||** означает 5 несоответствий.

Число контролируемых параметров желательно минимизировать, чтобы форма листка была проста для заполнения и анализа.

Пример 1.1. В цехе № 5 на токарно-револьверных полуавтоматах производится чистовая расточка посадочного диаметра полумуфты для соединения валов. Производится выборочный контроль объемом 100 штук в день внутреннего диаметра полумуфты предельными калибрами. Предполагаемыми несоответствиями могут быть:

1. Прохождение непроходной стороны калибра, когда диаметр отверстия завышен.

2. Непрохождение проходной стороны калибра, когда диаметр отверстия занижен.

Определяем, что контрольный листок в этом случае должен содержать следующие сведения (см. рисунок 1.1.):

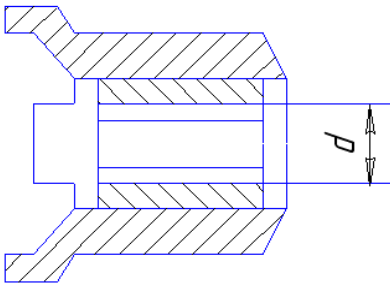
Место изготовления		Цех № 5		
Наименование детали		Полумуфта для соединения валов		
Наименование технологической операции		Чистовая расточка посадочного отверстия		
Эскиз детали 		Объект контроля	Внутренний диаметр $d=31,3+0,2$ мм	
		Измерительные средства	Предельные калибры	
		Фамилия и подпись изготовителя	Иванов К.А.	
		Фамилия и подпись контролера	Ветров В.П.	
I	II	III		IV
Дата	Количество проверенных деталей (n), шт.	Количество дефектных деталей		Доля дефектных деталей ($P=x/n \cdot 100$), %
		(a)	(b)	
		Графические отметки	(x), шт.	
17.10.03	200	:	2	1
18.10.03	100		0	0
19.10.03	200		0	0
20.10.03	300	..	3	1
21.10.03	100	.	1	1
22.10.03	100	.	1	1
Итого	n=1000		x=7	$P=x/n \cdot 100=$ $=7/1000 \cdot 100=0,7\%$

Рисунок 1.1. Контрольный листок

Порядок заполнения будет следующим: контролер при проведении контроля в графе III (а) делает графические пометки (в рассматриваемом примере - точки) по числу обнаруженных несоответствий; после проведенных измерений контролер может быстро подсчитать число несоответствий и записать его в графе III (в) и вычислив долю несоответствующих деталей в выборке, записать ее в графе IV, а по окончании определенного периода, для которого составлен контрольный листок (в рассматриваемом примере - рабочая неделя), вычислить долю несоответствующих деталей за весь период.

Такой контрольный листок позволяет определить и анализировать число несоответствий и их долю в выборке по дням и за весь рассматриваемый период; сделать выводы о соответствии процесса установленным на предприятии нормам для этого процесса. Для процесса чистовой обработки при наладке станка нормативом может быть наличие, например, не более 2 несоответствий в смену.

Но следует отметить, что знание только числа несоответствий и их доли в выборке не позволяет принять решение о корректирующих мерах для улучшения качества производимых изделий. Более эффективным было бы включение в контрольный листок дополнительной графы, например, графу III (а) разбить на две графы по видам предполагаемых несоответствий: 1. прохождение непроходной стороны калибра, когда диаметр отверстия завышен и 2. непрохождение проходной стороны калибра, когда диаметр отверстия занижен. Такое разделение позволит наметить корректирующие меры для улучшения процесса, поскольку можно выявить настройку станка и изменить положение резца, обеспечивающее требуемое качество.

Таким образом, информативность контрольного листка возрастает с увеличением количества анализируемых параметров. Хотя увлекаться этим не следует, т.к. это приводит к излишнему усложнению при заполнении и анализе контрольного листка. Целесообразнее выбрать наиболее существенные параметры, от которых напрямую зависит качество производимых изделий, и составить несколько контрольных листков. Контрольные листки можно составить для распределения измеряемого параметра в ходе производственного процесса, для регистрации видов несоответствий, для локализации несоответствий, для причин несоответствий.

Задание для самостоятельной работы:

1. Разработать форму контрольного листка для производственного процесса с максимальной информативностью при минимальном числе контролируемых параметров (2-3).

2. Заполнить бланк контрольного листка.

Поскольку в производственных условиях число несоответствий носит случайный характер, для имитации реального процесса, данные для заполнения графы обнаруженных несоответствий следует взять из таблицы случайных чисел (см. приложение 1) из столбца, указанного преподавателем.

3. Провести анализ полученных данных.

4. Сделать выводы.

Форма отчета: студент должен предоставить самостоятельно разработанный контрольный листок (с указанием № столбца таблицы случайных чисел, из которого производился отбор чисел несоответствий), указать цели, которые можно достичь с помощью разработанного контрольного листка и наметить корректирующие мероприятия.

Контрольные вопросы:

1. Назначение контрольного листка
2. Область применения контрольного листка
3. Форма контрольного листка
4. Типы используемых данных
5. Цели сбора данных
6. Обязательные группы данных контрольного листка
7. Способы заполнения регистрационной таблицы
8. На какой период составляется контрольный листок
9. Каким должно быть число контролируемых параметров
10. Как с помощью контрольного листка можно регулировать процесс по устранению выявленных несоответствий.

Литература:

1. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999.- 600с. [112-114 стр.]
2. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001.-138 с. [10-19 стр.]
3. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества». -М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001.-208 с. [21-23 стр.]
4. «Управление качеством: т.2. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Основы обеспечения качества: учебник/ под общей редакцией Азарова В.Н. М.:МГИЭМ, 2002, 356 с. [209 стр.]
5. «История развития технологии машиностроения: учебное пособие/ В.П. Смоленцев, А.В. Кузовкин, А.И. Болдырев, В.И. Гунин. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002, 259 с. [168 стр.]
6. «Инструментальные средства, используемые в управлении качеством». -Б.м.: «Приоритет». -112 с [33-42 стр.
7. «Применение статистических методов для рабочих». СМЦ «Приоритет». [13-21 стр]
8. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.

Практическая работа № 2
Тема2 ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА

Цель работы: 1. Изучение метода выявления и анализа причин возникновения несоответствующих результатов процессов

2. Приобретение навыков построения и анализа причинно-следственной диаграммы

Методика разработки:

Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы, «рыбий скелет») – это инструмент, позволяющий выявить все возможные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие).

Процесс изготовления продукции, влияющий на ее качество, можно рассматривать как структуру 5М, включающую факторы, зависящие от человека (man), машины (machine), материала (material), метода (method), измерения (measurement). Разумеется, кроме 5М могут быть и другие структуры факторов, более точно характеризующие конкретный объект анализа.

Зависимость между процессом, представляющим собой структуру причинных факторов 5М, и качеством, представляющим собой результат действия этих причинных факторов, можно выразить графически (см. рисунок 2.1.):

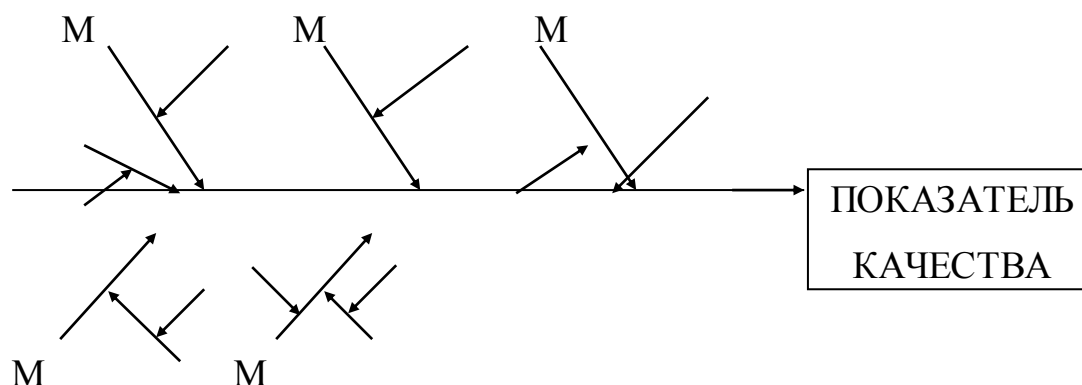


Рисунок 2.1. Причинно-следственная диаграмма

На диаграмме изучаемая проблема условно изображается в виде прямой горизонтальной стрелки; факторы и условия, которые прямо или косвенно влияют на проблему, - наклонными стрелками, а причины, влияющие на эти факторы (причины второго и последующих порядков), - короткими стрелками. При построении диаграммы следует учитывать даже кажущиеся незначительными факторы, поскольку на практике довольно часто встречаются случаи, когда решение проблемы обеспечивается устранением нескольких, на первый взгляд, несущественных причин.

Наклон и размер стрелок не имеют принципиального значения, главное при построении схемы обеспечить правильную соподчиненность и взаимозависимость факторов, а также четко оформить схему, чтобы она хорошо смотрелась и легко читалась.

Поэтому, независимо от наклона стрелки каждого фактора, его наименование всегда располагают в горизонтальном положении, параллельно центральной оси.

Информация о показателях качества для построения диаграммы собирается из всех доступных источников; используются: журнал регистрации операций, журнал регистрации данных текущего контроля; сообщения рабочих производственного участка и т.д.

При построении диаграммы выбираются наиболее важные с технической точки зрения факторы. Желательно, чтобы показатель качества и влияющие на него факторы были измеримыми. Если это невозможно, следует использовать квалитетические методы их оценки. Чтобы процесс совершенствования стал эффективным, следует разбивать причины на подпричины (факторы второго и последующих порядков) до тех пор, пока по каждой из них можно предпринять действия, иначе сам процесс их выявления превратится в бессмысленное упражнение.

Для построения причинно-следственной диаграммы широко используются экспертная оценка и так называемый «мозговой штурм».

«Мозговой штурм» является методом, рекомендуемым для поиска и систематизации возможных причин. Задачей этого метода является не допустить исключения из поля зрения всех воздействующих причин.

Для этого руководствуются следующими принципами:

а) создают группу людей (порядка 6 человек), знакомых с той областью, где возникла проблема. Желательно включить в группу одного человека, совершенно не сведущего в данной области;

б) проблема, подлежащая обсуждению, не должна ставиться слишком конкретно;

в) участникам предлагают записать все то, что им приходит в голову по решению этой проблемы, в течение 5-10 минут;

г) рассматривают все высказанные соображения, не допуская никаких дискуссий или критики;

д) группируют идеи, исключив дублирование;

е) формируют «рыбий скелет» и приступают к обсуждениям.

Этапы построения причинно-следственной диаграммы:

1. Определите показатель качества, т.е. тот результат, который вы хотели бы достичь. Напишите выбранный показатель качества в середине правой части листа бумаги. Слева направо проведите прямую линию («хребет»), а записанный показатель заключите в прямоугольник.

2. Напишите главные причины, которые влияют на показатель качества, заключите их в прямоугольники и соедините с «хребтом» стрелками в виде «больших костей хребта» (главные причины).

3. Напишите причины, влияющие на главные факторы, и расположите их в виде «средних костей», примыкающих к «большим». Напишите причины, которые влияют на «средние кости», и расположите их в виде «мелких костей», примыкающих к «средним».

4. Нанесите на диаграмму всю необходимую информацию: ее название, наименование изделия, процесса; имена участников процесса; дату и т.д.

При построении причинно-следственной диаграммы следует начинать с определения главных причин, а затем переходить к более детальному построению. При анализе же причинно-следственной диаграммы рассматривают их в последовательности от «мелких костей» к «средним», от «средних» к «большим».

Распределение причин по степени их важности - следующий шаг после построения диаграммы. Не обязательно, что все причины, включенные в диаграмму, будут оказывать сильное влияние на показатель качества. С помощью схемы Исикавы можно не только определить состав и взаимозависимость факторов, влияющих на объект, но и выявить относительную значимость этих факторов.

Данную работу осуществляют в следующем порядке. Сначала каждый участник группы, независимо от других членов, из полного состава факторов, указанных на схеме, отбирает те, которые, по его мнению, оказывают наибольшее влияние на объект анализа в данной конкретной ситуации. В число таких факторов не должны включаться «мелкие кости» и те «средние кости», к которым присоединено несколько «мелких костей». Выбранные факторы отмечаются цветным кружком, крестиком или каким-либо другим заранее оговоренным знаком. Затем, после совместного обсуждения мнений участников анализа и в случае расхождения этих мнений относительно факторов, проводится второй тур определения значимости факторов, в ходе которого каждый член группы качества, независимо от других, устанавливает на личном экземпляре схемы наиболее значимые факторы.

Стрелки тех факторов, которые были отмечены в первом туре, и по которым мнение осталось неизменным, обводятся двойным кружком. Наиболее значимыми стрелками-факторами признаются те, которые в конечном итоге (обычно приемлемая точность результатов достигается после третьего тура анализа) получили наибольшее количество отметок. Именно на этих факторах и должно быть сконцентрировано внимание.

Следует иметь в виду, что анализ факторов с помощью собственного опыта или знаний важен, но устанавливать значимость факторов только на основе субъективных представлений или впечатлений опасно. Более логичным и научным подходом в этом случае будет установление значимости факторов с помощью объективных данных.

Кроме того, сложные причинно-следственные диаграммы целесообразно анализировать с помощью диаграммы расслоения по различным факторам и условиям (этот метод будет рассмотрен в практической работе № 3).

Для выявления причин, оказывающих наибольшее влияние на результаты, удобно использовать диаграмму Парето (этот метод будет рассмотрен в практической работе № 4). Совместное использование причинно-следственной диаграммы и диаграммы Парето в настоящее время очень распространено.

Поэтому в сложных случаях для выявления того, какие из «косточек» наиболее важны, можно выяснить мнение участников анализа о ранжировании причин, а затем с помощью диаграммы Парето установить причины, набравшие максимальное число голосов.

Пример 2.1. Для данных примера 1.1. (смотри практическое занятие № 1) составим диаграмму Исикавы согласно этапам построения диаграммы, приведенным выше:

1. Показатель качества – шероховатость R_a внутренней поверхности полумуфты для соединения валов после операции расточки.

2. В качестве факторов, влияющих на величину шероховатости поверхности, выбрали следующие шесть факторов: оборудование, инструмент (резец), состав охлаждающей жидкости (СОЖ), материал заготовки, наладчика и методы измерения.

3. Выбрали «средние кости» и «мелкие кости»:

фактор		«средние кости»		«мелкие кости»
оборудование	A	жесткость системы СПИД	1	усилие резанья
	B	точность хода механизма станка	1	качество смазки трущихся поверхностей станка
			2	точность хода поперечного суппорта;
инструмент	C	позиционирование инструмента	3	точность продольного хода фартука станка;
			1	износостойкость инструмента;
			2	углы заточки инструмента;
материал	D	твердость	1	наличие термообработки заготовки
	E	химический состав	1	% содержание легирующих элементов
			2	неметаллические включения

Чтобы не загромождать диаграмму можно нанести на нее вместо надписей - числа, соответствующие факторам.

Задание для самостоятельной работы: (Практическая работа выполняется подгруппами студентов по 4-5 человек (состав подгрупп определяется преподавателем случайным образом).

С помощью метода Исикавы наметить меры по повышению точности наружного точения диаметра валика сельсина. Для этого:

1. Провести «мозговой штурм»
2. Разработать диаграмму Исикавы
3. Провести анализ полученной диаграммы
4. Предложить меры по повышению точности наружного точения диаметра валика сельсина.

Форма отчета: по итогам практического занятия № 2 каждый студент предоставляет результаты «мозгового штурма», а каждая подгруппа – разработанную причинно-следственную диаграмму Исикавы и ее анализ.

Контрольные вопросы:

1. Назначение причинно-следственной диаграммы
2. Область применения причинно-следственной диаграммы
3. Поясните порядок построения диаграммы
4. Что означают «мелкие, средние, крупные кости»
5. Что понимается под показателем качества
6. Порядок проведения «мозгового штурма»
7. Состав участников «мозгового штурма»
8. Методы субъективного и объективного анализа
9. Использование результатов анализа для управления качеством выпускаемой продукции.

Литература:

1. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999.- 600с. [146-150 стр.]
2. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001.-138 с. [27-35 стр.]
3. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества». -М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001.-208 с. [25-26 стр.]
4. «Управление качеством: т.2. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Основы обеспечения качества: учебник/ под общей редакцией Азарова В.Н. М.:МГИЭМ, 2002, 356 с. [158-161, 210-211 стр.]
5. «История развития технологии машиностроения: учебное пособие/ В.П. Смоленцев, А.В. Кузовкин, А.И. Болдырев, В.И. Гунин. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002, 259 с. [166-167 стр.]
6. «Инструментальные средства, используемые в управлении качеством». -Б.м.: «Приоритет».-112 с [18-33 стр].

Практическая работа № 3
Тема3 МЕТОД СТРАТИФИКАЦИИ
(расслаивание данных)

Цель работы: 1. Изучение методов группировки однотипных данных, в зависимости от их характеристик, для эффективного контроля и управления технологическими процессами.

2. Приобретение практических навыков проведения стратификации данных технологических режимов

Методика проведения стратификации данных:

При контроле качества изготовления продукции часто на практике возникает задача выявления предполагаемого источника ухудшения качества выпускаемой продукции, когда разброс (дисперсия) значений параметра качества готовых изделий около его среднего значения возрастает.

В этом случае применяют метод стратификации - инструмент, позволяющий произвести селекцию данных, отражающую требуемую информацию о процессе. Он заключается в том, что производят расслаивание (стратификацию) статистических данных, т.е. группируют данные согласно некоторым критериям. Обработку каждой группы данных производят в отдельности, ее результаты часто показывают в виде диаграмм и графиков. Данные, разделенные на группы в соответствии с их особенностями, называют слоями (стратами).

Существуют различные методы расслаивания, применение которых зависит от конкретных задач. Например, данные, относящиеся к изделию, производимому в цехе на рабочем месте, могут в какой-то мере отличаться в зависимости от исполнителя, используемого оборудования, методов проведения рабочих операций, температурных условий и т.д. Все эти отличия могут быть факторами расслаивания. В производственных процессах часто используется метод 5М, учитывающий факторы, зависящие от человека (man), машины (machine), материала (material), метода (method), измерения (measurement). В отличие от метода Исикавы, где расслоение в производственных условиях проводят, например, по 5М, в методе стратификации расслоение осуществляют внутри только одного из 5М.

Стратификация осуществляется, например:

по исполнителям – по квалификации, полу, стажу работы и т.д.

по машинам и оборудованию – по новому и старому оборудованию, марке, конструкции, выпускающей фирме и т.д.

по материалу – по месту производства, фирме-производителю, партии, качеству сырья и т.д.

по способу производства – по температуре, технологическому приему, месту производства и т.д.

по измерению – по методу измерения, типу измерительных средств или их точности и т.д.

Например, если расслаивание произведено по фактору «оператор» (man), то при значительном различии в данных можно определить влияние того или иного оператора на качество изделия.

В сервисе для расслаивания используется метод 5 Р, учитывающий факторы, зависящие от работников (peoples); процедур (procedures); потребителей (patrons); места (place), где осуществляется сервис ; поставщиков (provisions).

В результате расслаивания обязательно должны соблюдаться два условия:

- - различие (дисперсия) между значениями случайной величины внутри слоя должно быть как можно меньше по сравнению с различием ее значений в нерасслоенной исходной совокупности;
- -различие между слоями (различия между средними значениями случайных величин слоев) должно быть как можно больше.

Пример 3.1. Возьмем статистический ряд результатов измерений пробивного напряжения диэлектрических слоев 160 однотипных МОП-структур:

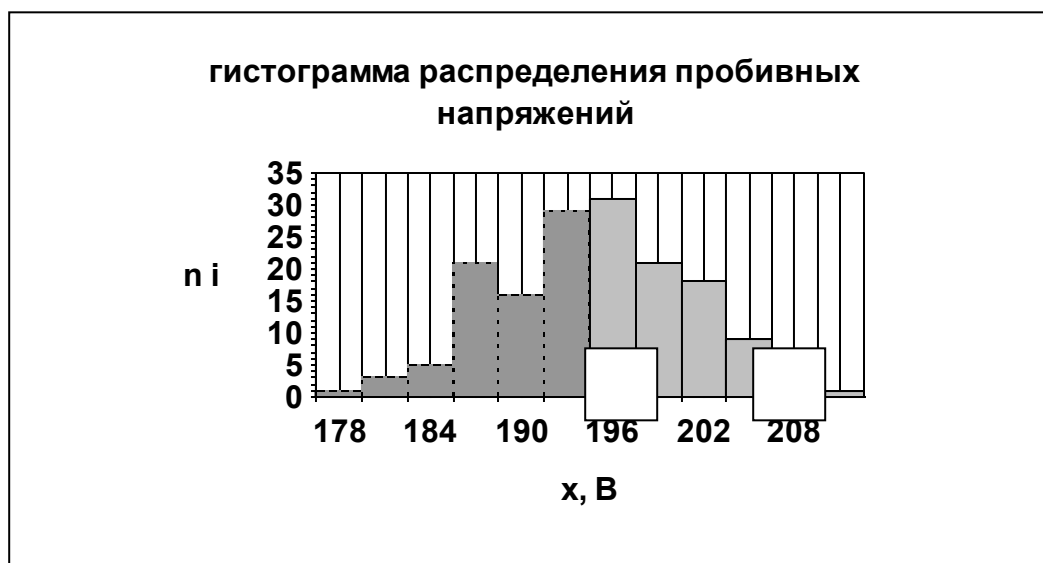
X_i	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
n_i	1	1	1	1	1	2	2	2	9	10	3	7	6	6	17	6
X_i	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
n_i	9	8	14	10	10	1	7	6	5	3	5	1	2	1	2	1

Допустим, что экземпляры МОП-структур первой части таблицы ($n=75$), изготовлены исполнителем А, а экземпляры второй половины таблицы ($n=85$), изготовлены исполнителем В.

Обработаем данные расслоив их соответственно по исполнителям А и В. Составим интервальный ряд распределения пробивных напряжений диэлектрических слоев 160 однотипных МОП-структур (по исполнителям):

Интервальные диапазоны пробивного напряжения, В	Середина интервала x_i	Частота n_i			
		Исполнитель А	Исполнитель В	Сумма	Накопленная частота
176,5-179,4	178	1		1	1
179,5-182,4	181	3		3	4
182,5-185,4	184	5		5	9
185,5-188,4	187	21		21	30
188,5-191,4	190	16		16	46
191,5-194,4	193	29		29	75
194,5-197,4	196		31	31	106
197,5-200,4	199		21	21	127
200,5-203,4	202		18	18	145
203,5-206,4	205		9	9	154
206,5-209,4	208		5	5	159
209,5-212,4	211		1	1	160

На основе таблицы можно построить гистограмму.



Расслаивание позволяет увидеть, что результаты исполнителей А и В заметно отличаются друг от друга. Если рассчитать среднюю и дисперсию результатов измерений, расслоенных по исполнителям А и В, то среднее $A=189,4$; дисперсия $s^2_A=13,2$; среднее $B=199,847$; дисперсия $s^2_B=14,742$. При этом среднее и дисперсия до расслаивания составляли: среднее – $194,95$; дисперсия $s^2=41,197$. Т.о., расслаивание привело к снижению дисперсии внутри слоев. Дальнейший анализ может состоять в том, чтобы проверить значимость различия между дисперсиями результатов работы исполнителей А и В с помощью дисперсионного анализа.

Но иногда расслаивание не дает ожидаемого результата, казалось бы, по очевидному параметру. В таком случае следует продолжить анализ данных в поисках решения возникшей проблемы. На практике метод стратификации используют многократно, расслаивая данные по различным признакам и анализируя возникающую при этом разницу с помощью, например, диаграмм Парето. (Этот метод будет рассмотрен в работе № 4)

Задание для самостоятельной работы:

В работе № 1 в качестве примера рассматривался контрольный листок для чистовой расточки втулки полумуфты для соединения валов. Приведенный контрольный листок дает общую информацию и не дает возможности анализировать причину возникновения несоответствий. Было предложено для большей информативности включить дополнительную графу, например, учитывающую два вида несоответствий. Провести стратификацию по указанным видам несоответствий.

Для этого, пользуясь таблицей случайных чисел, из двух столбцов, указанных преподавателем, выбрать однозначные числа, которые будут показывать количество несоответствий двух видов. Построить гистограмму, по которой сделать предварительный анализ о состоянии процесса. Рассчитать средние и дисперсии каждой страты и общие среднее и дисперсию до стратификации. Сделать вывод по частоте возникающих видов несоответствий и предложить корректирующие действия.

Форма отчета:

По итогам практической работы № 3 студент должен предоставить отчет, содержащий название изучаемого процесса, цель проведения стратификации, статистический и интервальные ряды значений выявленных несоответствий, гистограмму, ее анализ, результаты вычислений средних и дисперсий со всеми промежуточными вычислениями, выводы и рекомендации по дальнейшему изучению состояния производственного процесса.

Контрольные вопросы:

1. Цель проведения стратификации.
2. Какой метод расслаивания, широко применяемый при анализе производственных процессов, вам известен и как осуществляется расслаивание этим методом
3. Какие условия необходимо соблюдать при расслаивании данных
4. Метод, применяемый для стратификации производственных процессов
5. Метод, применяемый для стратификации в сервисе
6. Предварительный метод анализа после стратификации
7. Окончательный метод анализа после стратификации

Литература:

1. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999.- 600с. [133-137 стр.]
2. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001.-138 с. [58-61 стр.]
3. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества». -М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001.-208 с. [29 стр.]
4. «История развития технологии машиностроения: учебное пособие/ В.П. Смоленцев, А.В. Кузовкин, А.И. Болдырев, В.И. Гунин. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002, 259 с. [171-172 стр.]
5. «Инструментальные средства, используемые в управлении качеством». -Б.м.: «Приоритет». -112 с [56-62 стр.]
6. ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534.1-93) Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.
7. ГОСТ Р 50779.21-96 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
8. ГОСТ Р 50779.77-99 Статистические методы. Планы и процедуры статистического приемочного контроля нештучной продукции.

Практическая работа № 4

Тема4 ДИАГРАММА ПАРЕТО

Цель работы: 1. Изучение метода распределения усилий для решения конкретной проблемы

2. Приобретение практических навыков построения и анализа диаграммы Парето.

Методика работы:

Существует метод выбора предпочтительного решения, широко известный как принцип Парето. В 20-х годах для нужд экономики итало-американский экономист Вильфредо Парето разработал столбчатую диаграмму, с помощью которой определил распределение финансовых ценностей в различных слоях населения. Выяснилось, что 20 % населения обычно владеют 80% богатств. Делая более широкое обобщение, он получил эмпирическое правило, из которого, в частности следует, что 20% сотрудников составляют 80% общего числа прогульщиков, 20% потребителей делают 80% покупок и т.д. Таким образом, удалось выяснить, что максимальный эффект дает ограниченное множество факторов, и большое множество факторов оказывает минимальный эффект.

Разработанную Парето столбчатую диаграмму Лоренц преобразовал в кумулятивную (накопленную) кривую, а японский менеджер Джуран предложил использовать обе диаграммы совместно в вопросах и задачах обеспечения качества.

Различают два вида диаграмм Парето:

по результатам деятельности - служат для выявления главной проблемы и отражают нежелательные результаты деятельности (например, отказы, дефекты и т.п.);

по причинам (факторам) - отражают причины проблем, которые возникают в ходе производства (например, оборудование, сырье и т.д.) и выявляют главную из них

Рекомендуется строить много диаграмм Парето, используя различные способы классификации, как результатов, так и причин, приводящих к этим результатам. Лучшей следует считать такую диаграмму, которая выявляет немногочисленные, наиболее важные факторы, в чем и состоит цель анализа Парето.

Для выявления наиболее существенных параметров, влияющих на процесс, применяют так называемый АВС-анализ, при котором согласно правилу 20-80 % рабочая зона оси абсцисс делится на три зоны: зону А – наибольшего влияния, которая составляет приблизительно 20 % от общего числа рассматриваемых параметров, в том числе «прочие», зону В-промежуточную, которая составляет приблизительно 20 % от оставшихся после выделения зоны А параметров, и зону С – наименьшего влияния. АВС-анализ можно провести и по виду кривых Лоренца и Парето. Такое разбиение позволяет выявить те параметры, на которые следует обратить внимание и предпринять меры, для улучшения процесса, а также те параметры, которые

можно исключить из рассмотрения в вопросе улучшения процесса, в виду их незначительного влияния на процесс.

Кроме выявления и ранжирования факторов по их значимости, диаграмма Парето с успехом применяется для наглядной демонстрации эффективности тех или иных мероприятий в области обеспечения качества. Достаточно построить и сравнить две диаграммы Парето до и после реализации каких-либо мероприятий.

ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ

1. Сформулировать предмет исследования.
2. Выбрать вид диаграммы (по результатам или по причинам)
3. Провести классификацию наиболее весомых результатов (или причин), а малозначащие результаты (или причины) объединить в отдельную группу «прочие».
4. Определить метод и период сбора данных.
5. Разработать контрольный листок для регистрации, в котором должно быть предусмотрено свободное место для графического представления данных.
6. Пользуясь данными контрольного листка, заполнить таблицу исходных данных (см. таблицу 4.1.). Для этого ранжировать данные, полученные по каждому проверяемому признаку в порядке значимости по убыванию. Группу «прочие» следует приводить в последней строке, вне зависимости от того, насколько большее получилось значение. Если доля группы прочих признаков сравнительно велика, то нужно расшифровать их, выделив наиболее значимые, и вернуться к 3 пункту.

7. Построить столбиковую диаграмму:

ось абсцисс разделить на равные отрезки по числу контролируемых признаков;

на оси ординат отложить данные графы III, расположенные в порядке убывания.

Для вычерчивания кривой Лоренца, вводят дополнительную ординату, обозначающую кумулятивный %.

Возможно построение диаграммы Парето, когда на основной ординате откладывают данные графы V. В этом случае для вычерчивания кривой Лоренца нет необходимости включать в диаграмму дополнительную ординату (именно этот вариант диаграммы наиболее распространен на практике).

Если данные можно представить в денежном выражении, лучше всего показать это на вертикальных осях диаграммы Парето, поскольку затраты являются важным критерием измерений в управлении.

Пример 4.1.

Согласно этапам построения диаграммы Парето:

1. Предметом исследования выбрали качество литой втулки, впрессованной в полумуфту для соединения валов.
2. Решили построить диаграмму Парето по результатам.
3. Провели классификацию результатов: при расточке внутреннего диаметра литой втулки могут вскрыться следующие несоответствия:

неметаллические включения, коробление, газовая пористость, усадочные раковины и прочие (горячие трещины, расслоение).

4. В качестве метода контроля выбрали визуальный контроль; период сбора данных установили 1 раз в смену.

5. Был разработан контрольный листок для регистрации несоответствий, (аналогично практической работе № 1, рисунок 1.1.), дополненный графами по видам несоответствий.

6. Результаты измерений, проранжировали и записали в таблицу 4.1. исходных данных для составления диаграммы Парето:

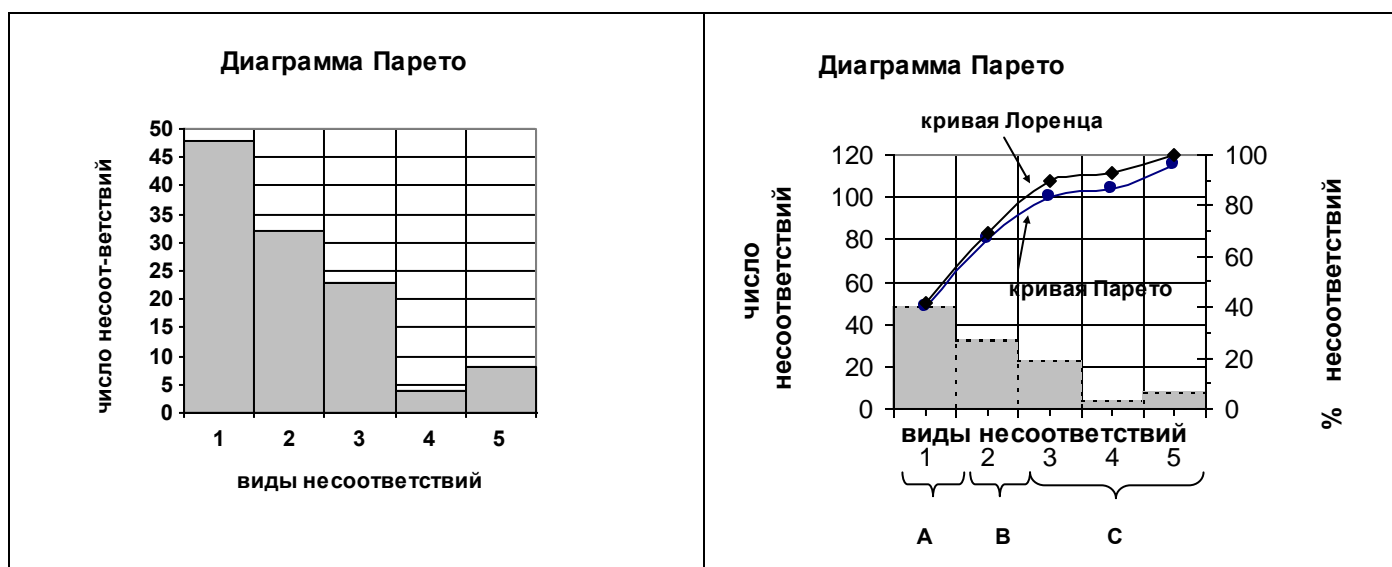
Таблица 4.1.

Обработка данных для анализа изготовления литых деталей, используемых в качестве втулок полумуфт для соединения валов

	Виды несоответствия деталей	Кол-во несоответствий	Суммарное количество несоответствий	% соотношение несоответствий по видам	Кумулятивный % несоответствий
I	II	III	IV	V	VI
1	Усадочные раковины	48	48	41,7	41,7
2	Газовая пористость	32	80	27,8	69,5
3	Коробление	23	103	20	89,5
4	Неметаллические включения	4	107	3,5	93,0
5	Прочие несоответствия	8	115	7,0	100
	Итого	115	-	100	-

Предварительный анализ этой таблицы указывает на то, что группа «прочие» имеет сравнительно небольшую долю, поэтому можно считать, что классификация возможных основных результатов проведена правильно, и нет необходимости в пересмотре группы «прочие».

7. Столбиковая диаграмма будет иметь вид



Полученная диаграмма показывает, что существенному повышению качества литых деталей будут способствовать меры по устранению причин появления усадочных раковин.

Задание для самостоятельной работы:

1. Используя таблицу случайных чисел из столбца, указанного преподавателем, взять значения для 7 (в т.ч. «прочих») результатов (или причин) процесса, выбранного студентом самостоятельно, и построить диаграмму Парето, кривую Лоренца и провести ABC-анализ.

2. Построить диаграмму Парето в случае, если в результате проведенных мероприятий, дефектность из-за выявленного наиболее существенного признака снизилась на половину.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и область применения диаграммы Парето
2. Классификация результатов (или причин)
3. Виды диаграмм Парето
4. С чего начинается построение диаграммы Парето
5. Кривые Парето и Лоренца
6. Назначение ABC – анализа
7. Как можно проверить эффективность проведенных мероприятий в области обеспечения качества с помощью диаграмм Парето
8. Какому критерию следует отдавать предпочтение при измерении результатов (или причин) процессов.

Форма отчета: по результатам работы № 4 студент должен предоставить таблицу исходных данных для выбранного им процесса, диаграмму Парето с кривыми Парето и Лоренца, а так же диаграмму Парето после того, как влияние выявленного наиболее существенного признака снизилось на половину. Отчет должен содержать ABC - анализ обеих диаграмм Парето.

Литература

1. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999.-600с. [138-145 стр.]
2. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001.-138 с. [19-27 стр.]
3. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества».-М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001.-208 с. [23-24 стр.]
4. «Управление качеством: т.2. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Основы обеспечения качества: учебник/ под общей редакцией Азарова В.Н. М.:МГИЭМ, 2002, 356 с. [157-158, 209-210 стр.]
5. «История развития технологии машиностроения: учебное пособие/ В.П. Смоленцев, А.В. Кузовкин, А.И. Болдырев, В.И. Гунин. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002, 259 с. [170-171 стр.]

Практическая работа № 5
Тема 5 ДИАГРАММА РАССЕЙВАНИЯ (РАЗБРОСА)

Цель работы: 1. Изучение метода установления вида и степени связи между двумя переменными.
2. Приобретение практических навыков построения и анализа корреляционных полей производственных процессов.

Методика разработки:

Диаграмма разброса - это инструмент, позволяющий определить вид и степень связи между парами соответствующих переменных:

- а) характеристикой качества и влияющим на него фактором (например, если характеристика качества – шероховатость, а влияющий на нее фактор – угол заточки резца, то зная зависимость шероховатости обработанной поверхности от угла заточки, можно управлять процессом точения для достижения требуемого значения шероховатости);
- б) двумя различными характеристиками качества (например, зная зависимость между двумя характеристиками качества, например, шероховатостью и точностью, можно управлять процессом точения, добиваясь минимального значения показателя шероховатости, чтобы получить максимальное значение точности);
- в) двумя факторами, влияющими на одну характеристику качества (например, зная зависимость между скоростью подачи резца и углом его заточки, можно улучшить показатели качества процесса).

Кроме того, знание связи и степени связи между двумя переменными позволяет в производственных условиях, перейти от управления одной какой-либо переменной, управлять которой сложно или невозможно, к управлению другой переменной, наиболее полно характеризующей показатели качества. Например, для достижения наилучшего показателя шероховатости можно подобрать определенное значение угла заточки резца. Управление этим параметром усложнено, т.к. в процессе работы резец непрерывно изнашивается, поэтому, зная зависимость между скоростью подачи резца и углом его заточки, можно перейти к управлению скоростью подачи резца для достижения требуемой шероховатости.

Этапы построения диаграммы:

- 1. Собрать парные данные (x, y) между которыми исследуется зависимость, желательно не менее 25-30 пар данных, и расположить их в таблицу.
- 2. Определить систему координат: обычно если одна переменная – фактор, а другая – показатель качества, то для фактора выбирают горизонтальную ось x , а для показателя качества – вертикальную ось y ; координатами начальной точки системы координат будут минимальные значения x и y .
- 3. Выбрать шкалы для x и y : на каждой оси берут от 3 до 10 градаций, используя округленные числа (для облегчения чтения), причем рабочие части осей делают приблизительно одинаковыми.

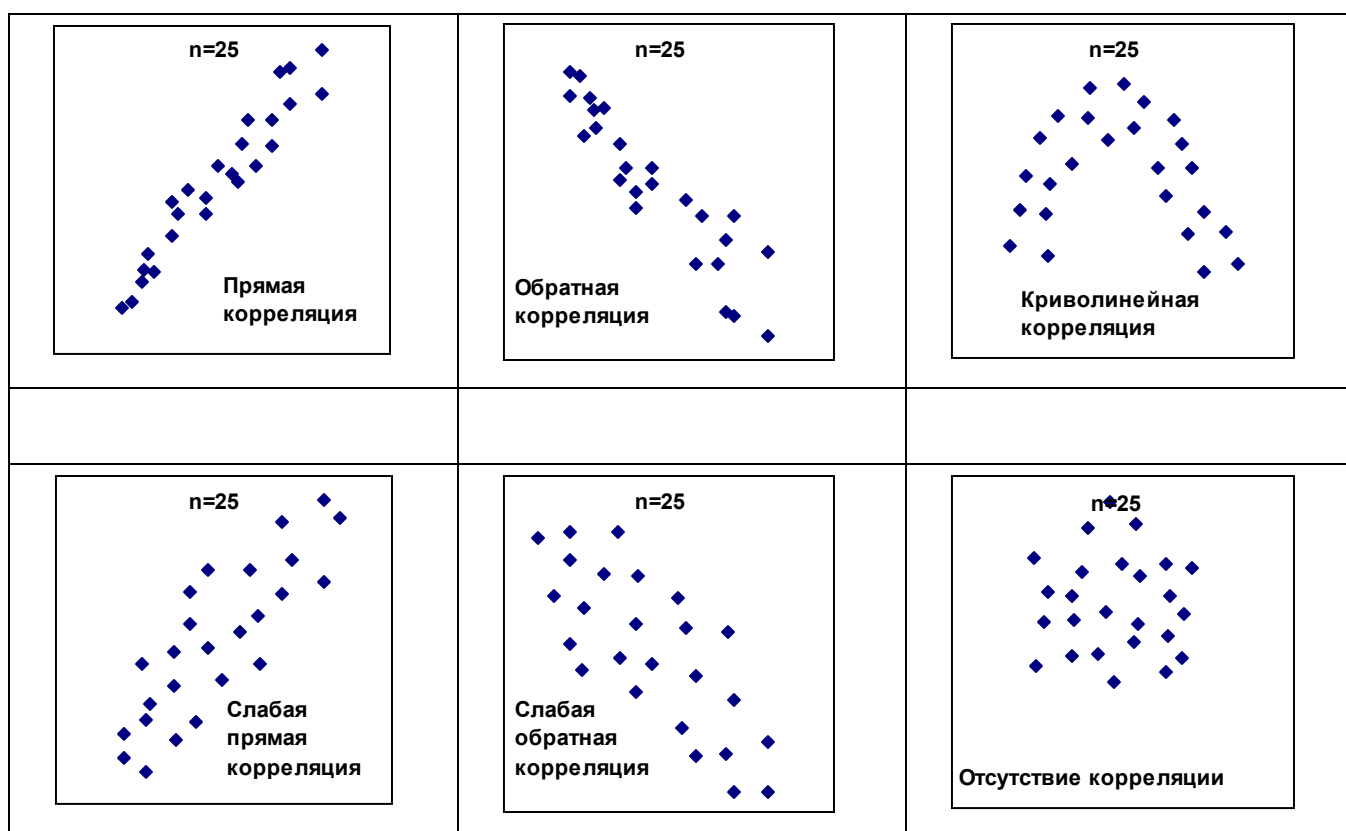
4. Построить график и нанести на него данные. Иногда при разных наблюдениях получаются одинаковые значения, тогда эти точки выделяют, либо, нанося вторую точку рядом с первой, либо используя концентрические круги \odot (два повторения).

5. Сделать все необходимые обозначения: название диаграммы, число пар данных, названия и единицы измерения для каждой оси, интервал времени, фамилию и подпись составителя диаграммы.

Далее приступают к анализу диаграммы рассеивания. Прежде всего, нужно обратить внимание на далеко отстоящие от основной группы данных точки – «выбросы» и отдельно отстоящие друг от друга группы данных – «облака». Можно предположить, что любые такие выбросы и облака являются либо результатом ошибок записи данных, либо ошибок измерений, которые следует устранить; либо обусловлены некоторыми изменениями в условиях работы, которые следует учесть при анализе производственных проблем (например, провести стратификацию по выявленным признакам образования выбросов и облаков). Изучение причин возникновения выбросов и облаков часто дает полезную информацию для понимания технологического процесса и его улучшения. Выбросы необходимо исключить из рассмотрения при проведении корреляционного анализа.

Диаграмма рассеивания (ее также называют корреляционным полем) позволяет представить общее распределение пар. На практике обычно производится визуальный анализ диаграмм рассеивания.

Возможны многочисленные варианты скоплений точек, например:



Если зависимость между величинами имеется, то поле корреляции вытянуто и направление «вытянутости» не совпадает с направлением осей координат. Если же величины независимы, то поле корреляции или параллельно одной из осей, или имеет форму круга. Таким образом, простой визуальный анализ диаграммы рассеивания позволяет судить о виде связи и приблизительно оценить степень зависимости.

При отсутствии корреляции, когда никакой выраженной зависимости между x и y не наблюдается, необходимо продолжить поиск факторов, коррелирующих с y , исключив из этого поиска фактор x .

Пример 5.1.

Изучается прочность на разрыв бумажной продукции. Предположили, что прочность зависит от количества твердой древесины в пульпе. На опытной установке изготовили 25 образцов, которые были испытаны на прочность на разрывной машине. Получили 25 пар данных, согласно этапам построения диаграммы разброса, их следует расположить в таблицу:

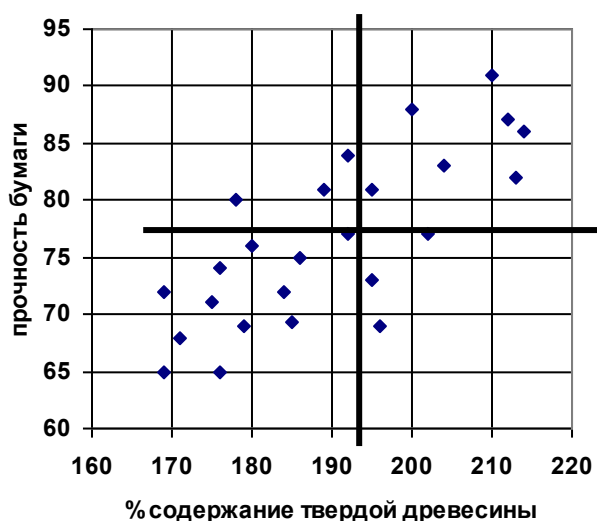
Таблица 5.1.

Распределение значений прочности

x	171	175	169	185	179	192	189	178	176	176	180	192
y	68	71	65	70	68	84	81	80	74	65	76	77
x	184	186	196	169	195	202	204	200	195	210	212	214
y	72	75	69	72	73	77	83	88	81	91	87	86

Далее определяем систему координат: на оси x отложим значения содержания твердой древесины в пульпе, а на оси y – полученные значения прочности бумаги. Для выбора начала координат нашли минимальные значения рассматриваемых параметров. Координатами начальной точки являются $x=160$, $y=60$. Наметили несколько градаций, для удобства максимальные значения рабочих зон выбрали для $x=220$, а для $y=95$. Нанесли на диаграмму данные, сделали все необходимые обозначения.

Диаграмма приняла вид



Здесь толстыми линиями показаны линии медиан (о которых будет сказано ниже).

По виду полученной диаграммы можно предположить наличие слабой прямолинейной корреляции. Для подтверждения этого предположения существует достаточно простой способ, помогающий в определении наличия и типа корреляционной зависимости, называемый методом медиан.

Метод медиан особенно удобен при исследовании технологического процесса на рабочем месте. На диаграмме разброса проводят вертикальную и горизонтальную линии медиан (толстые линии). Получилось 4 квадрата, в каждом из которых подсчитывают количество точек: $n_1=8$, $n_2=2$, $n_3=11$, $n_4=2$. Находят суммы точек отдельно в положительных и отрицательных квадратах: $n_{(+)}=n_1+n_3=8+11=19$, $n_{(-)}=n_2+n_4=2+2=4$; и общее число точек (в расчетах не участвуют точки, расположенные на медианах) $n'=n_{(+)}+n_{(-)}=19+4=23$. (n' не равно $n=25$).

Далее используют специальную таблицу кодовых значений (смотри приложение), соответствующих различным n' при двух значениях коэффициента риска. Сравнивают меньшее из чисел $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$ с их кодовым значением из таблицы, соответствующим полученному значению n' . Если меньшее из чисел $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$ окажется равным или меньше табличного кодового значения, то делают вывод, что прямолинейная корреляционная зависимость имеет место.

Могут возникнуть случаи, когда метод медиан приводит к выводу об отсутствии прямолинейной корреляции, но это не означает, что не может быть криволинейной корреляционной зависимости. Если подсчитанные значения окажутся больше табличного, следовательно, прямолинейная корреляция отсутствует, тогда проводят регрессионный и корреляционный анализы для выяснения наличия криволинейной корреляции.

В нашем случае меньшим из $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$ оказалось $n_{(-)}=4$, соответствующее кодовое значение равно 6, следовательно, предположение о наличии прямолинейной корреляции подтверждается. Чтобы определить тип прямолинейной корреляции (прямая или обратная), следует сравнить $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$, если $n_{(+)} > n_{(-)}$, то имеет место прямая корреляция, иначе обратная. В нашем случае имеет место прямая корреляция.

Задание для самостоятельной работы:

При точении валика из жаропрочной стали, проводится подогрев заготовки, с целью улучшения производительности процесса и качества обработанной поверхности. Предположили, что разность температурного поля оказывает существенное влияние на качественные характеристики обработанной поверхности. В лабораторных условиях проводится исследование влияния температуры разогрева заготовок, диапазон изменения температуры от 200 до 350 С°, с шагом в 5 С°. Данные о количестве несоответствующих деталей при различных температурах взять из таблицы случайных чисел, из столбца, указанного преподавателем.

Форма отчета: студент должен предоставить разработанную диаграмму рассеивания, по виду которой должно быть сделано предположение о наличии и типе корреляции, или об отсутствии корреляции, а также приведены выводы о наличии прямолинейной корреляции и ее типе, или об отсутствии прямолинейной корреляции по результатам проведенного анализа по методу медиан.

Контрольные вопросы:

1. Назначение диаграммы рассеивания.
2. Для каких величин составляется диаграмма рассеивания.
3. Как можно оценить степень корреляционной связи двух исследуемых признаков с помощью диаграммы рассеивания.
4. С чего следует начинать анализ диаграммы рассеивания.
5. При прямой корреляции с увеличением величины x , как меняется величина y .
6. При обратной корреляции с увеличением величины x , как меняется величина y .
7. При наличии слабой корреляции прослеживается ли вид корреляционной связи.
8. Какой вид может иметь диаграмма рассеивания при отсутствии корреляции.
9. Что позволяет определить метод медиан.
10. Применение диаграммы рассеивания при управлении производственными процессами.

Литература:

1. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999.-600с. [112-114 стр.]
2. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001.-138 с. [10-19 стр.]
3. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Поспелов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества».-М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001.-208 с. [21-23 стр.]
4. «Управление качеством: т.2. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Основы обеспечения качества: учебник/ под общей редакцией Азарова В.Н. М.:МГИЭМ, 2002, 356 с. [209 стр.]
5. «История развития технологии машиностроения: учебное пособие/ В.П. Смоленцев, А.В. Кузовкин, А.И. Болдырев, В.И. Гунин.- Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002, 259 с. [168 стр.]
6. «Инструментальные средства, используемые в управлении качеством».-Б.м.: «Приоритет».-112 с [89-97 стр].
7. Исикава К. Японские методы управления качеством./ Пер. с англ. М.: Экономика, 1988
8. Кумэ Х. Статистические методы повышения качества./Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1990

Практические работы № 6 и №7
Тема6 КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Цель работы: 1. Изучение метода контроля процессов во времени
2. Приобретение практических навыков построения и анализа контрольных карт производственных процессов.

Методика разработки

Контрольные карты – это инструмент, позволяющий контролировать состояние процесса во времени. В отличие от рассмотренных в предыдущих практических работах методов, контрольные карты позволяют предупреждать возникновение несоответствий, предпринимать корректирующие действия, прежде всего к процессам, а не к продукции.

В ходе любого технологического процесса возникают погрешности, из-за которых параметры качества отличаются от требуемых (номинальных). Различают два вида производственных погрешностей: систематические (особые) и случайные (обычные). Систематические погрешности могут нарушить естественный ход процесса, и внутренне ему не присущи. В производственных процессах систематические, неслучайные (особые) погрешности могут быть вызваны такими нестабильными причинами, как поломка инструмента, неправильная настройка станка, резкое падение напряжения в сети, нарушение рабочим требований документации из-за усталости или недомогания, и т.д. При воздействии на процесс неслучайных (особых) причин изменчивости его параметры могут существенно отклоняться от целевых значений, разброс параметров может оказаться неприемлемым, а выход процесса нестабильным во времени. Необходимо как можно быстрее обнаружить неслучайные изменения процесса с тем, чтобы выявить их причину и своевременно внести необходимые корректировки в процесс.

Хотя в некоторых случаях изменения процесса, обусловленные неслучайными (особыми) причинами, могут оказаться желательными и полезными. Такие изменения должны быть изучены, поняты, причины их выявлены и использованы для усовершенствования процесса.

На практике представляется исключительно важным поддерживать процесс в таком состоянии, когда исключено влияние на ход процесса каких-либо неслучайных (особых) причин изменчивости и наблюдаемая изменчивость процесса обусловлена влиянием постоянно действующих случайных (обычных) причин изменчивости. Такой процесс называется статистически управляемым. Любой процесс, находящийся в статистически управляемом состоянии, стабилен и характеризуется тем, что ход процесса предсказуем, его параметры со временем существенно не отклоняются от целевых значений, а разброс параметров находится в прогнозируемых пределах.

Изменчивость статистически управляемого процесса зависит от влияния разнообразных случайных (обычных) неконтролируемых причин. Каждая из них составляет незначительную долю общей изменчивости, и не одна из них не значима сама по себе. Но сумма всех этих случайных причин процесса измерима, и предполагается, что она внутренне присуща процессу.

Примерами случайных (обычных) причин могут служить незначительные износ инструмента, недостаточная однородность обрабатываемого материала, ошибки контрольно-измерительного оборудования, колебания источников энергии, изменения окружающей среды. Исключение или уменьшение влияния обычных причин требует управленческих решений и выделения ресурсов на улучшение процесса и в ряде случаев оказывается экономически нецелесообразным или технически невозможным.

Случайные погрешности оцениваются величиной рассеивания измеряемого параметра качества от его среднего значения, а именно величиной стандартного среднего квадратического отклонения, которая характеризует меру воздействия на измеряемый параметр случайных факторов и в том числе погрешностей его измерения, а также погрешностей фиксации значений воздействующих факторов технологического процесса. Чаще всего величина стандартного отклонения параметра качества характеризует степень настройки технологического оборудования (включая измерительное).

Систематическая погрешность определяется как разность среднего значения измеряемого параметра и номинального его значения (или его математического ожидания). Наличие систематической погрешности свидетельствует о неотлаженности технологического процесса, а именно о том, что значения факторов, воздействующих на параметр качества, выбраны не оптимально. При отлаженном технологическом процессе систематическая погрешность равна нулю.

Простым и эффективным средством статистического управления процессами являются контрольные карты, которые отражают текущее состояние процесса, дают возможность производить оценку степени изменчивости процесса, определять наличие статистической управляемости процесса и оказывают помощь в достижении такой управляемости.

Контрольные карты – это специальный вид диаграммы, впервые предложенный В. Шухартом в 1925 году. Контрольные карты – это графическое отражение состояния процесса, его уровня и изменчивости.

В отличие от рассмотренных в предыдущих практических работах методов контрольные карты позволяют воздействовать на процесс до того, как он выйдет из-под контроля, и тем самым предупреждать отклонения процесса от предъявляемых к нему требований.

Контрольные карты строят в произвольном масштабе на листе бумаги или экране дисплея компьютера. При построении контрольных карт формируют подгруппы данных, получаемых выборочно из самого процесса через регулярные интервалы. Интервалы можно определить либо по времени (например, ежечасно, ежедневно и т.п.), либо по количеству продукции (например, каждая партия).

По оси абсцисс откладывают моменты взятия выборок или текущие номера, а по оси ординат – значения выборочной характеристики. Точки значений выборочных характеристик соединяют отрезками прямых линий и получают линейный график, показывающий динамику поведения процесса.

На контрольную карту наносят (сплошной линией) центральную линию – прямую, параллельную оси абсцисс и определяющую среднее процесса; параллельно ей наносят (пунктирной линией) верхнюю и нижнюю контрольные границы, которые указывают на момент разладки процесса, позволяют судить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии или он подвергнут влиянию особых причин.

При оценке статистической управляемости процесса обычно принимают среднее значение наносимой на карту характеристики. При управлении же процессом за эталонное значение берут значение характеристики, установленное в технических условиях, или номинальное значение характеристики, основанное на априорной информации о процессе, или целевое значение характеристики, которого следует достичь.

Границы регулирования (верхняя и нижняя контрольные границы) на контрольной карте находятся на расстоянии 3σ сигма по каждую сторону от центральной линии, где сигма – стандартное отклонение используемой статистики. Границы $\pm 3\sigma$ указывают, что приблизительно 99,73 % значений некоторой характеристики попадут внутрь этих границ при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии. Вероятность того, что нарушение границ – случайное событие, считается малой, поэтому, когда появляется точка вне границ – это сигнал о возникновении систематических (особых) погрешностей. Часто на контрольных картах проводят пределы $\pm 2\sigma$, которые называют предупредительными. Выборочные значения, попадающие за границы $\pm 2\sigma$, могут служить предостережением о том, что скоро процесс может выйти из статистически управляемого состояния.

По типу используемых при построении контрольных карт выборочных данных, контрольные карты подразделяются на количественные и качественные (смотри таблицу 6.1.):

-контрольные карты по количественному признаку предназначены для контроля параметров качества, представляющих собой непрерывные случайные величины, значения которых являются количественными данными параметра качества (например, значения размеров, масса, предел прочности, время, прибыль и т.п.);

-контрольные карты по альтернативному признаку предназначены для контроля параметров качества, представляющих собой дискретные случайные величины и значения, которые являются качественными данными: годен - не годен, соответствует – не соответствует, дефектное – бездефектное и т.п. (например, наличие этикетки, ошибки в документах, наличие микротрещин на поверхности стекла;. но иногда рассматривают и количественные данные когда эти данные фиксируются в простой форме – да/нет, такие как соответствие диаметра штифта проходному калибру).

Каждый из типов контрольных карт: по количественным и по альтернативным признакам, имеет свои преимущества и недостатки, некоторые из них указаны в таблице 6.1.

Таблица 6.1.

Сравнительный анализ карт
по количественным и альтернативным признакам

Контрольные карты по количественному признаку	Контрольные карты по альтернативному признаку
Предупреждают об отрицательных изменениях процесса до возникновения дефектов	Основаны на наличии и обнаружении дефектов
Показывают направление и величину изменчивости процесса	Показывают только долю и разброс дефектности изделий в выборках
Можно получить достаточно ясную картину процесса по достаточно малым выборкам (например, по 5 деталям)	Для получения ясной картины поведения качества процесса требуются большие выборки (часто сотни деталей)
Получение данных сложно, требует наличия необходимого контрольно-измерительного оборудования и квалифицированного персонала	Данные могут быть получены быстро, для их сбора не требуется специального обучения персонала
Обычно строятся пары контрольных карт: для управления средним и управления рассеянием, т.к. исходное распределение предполагается нормальным и зависит от этих двух параметров	Строится одна карта, т.к. предполагаемое распределение (<i>p</i> - и <i>np</i> - карты основаны на биномиальном распределении, а <i>c</i> - и <i>u</i> - карты – на распределении Пуассона) имеет только один независимый параметр - средний уровень
Совершенствование процесса осуществляется в статистически управляемом состоянии	Используются для совершенствования процессов, в которых часто возникают дефекты

Каждый из типов контрольных карт имеет свои разновидности:

к картам по количественным признакам относятся:

- (\bar{X} - и S- карты) - карты средних и стандартных отклонений;
- (\bar{X} - и R- карты) - карты средних и размахов;
- (\tilde{X} - и R- карты) - медиан и размахов;
- (X - и MR- карты) - индивидуальных значений и скользящих размахов.

к картам по альтернативным признакам относятся:

- **p**-карта для доли несоответствующих единиц продукции;
- **np**-карта для числа несоответствующих единиц продукции в выборке;
- **c**-карта для числа несоответствий в выборке;
- **u**-карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции.

Каждая из разновидностей контрольных карт обладает своими характерными особенностями, поэтому при выборе типа контрольной карты в целях контроля и/или регулирования процессов необходимо четко понимать эти особенности применительно к конкретной ситуации предполагаемого использования:

Особенности применения карт

количественные	\bar{X}/S -карты	Контроль количественных показателей, для каждого из которых требуется отдельная карта, рекомендуется выбрать наиболее важный показатель качества Вычисление характеристики разброса параметров S несколько сложно, но является наиболее точной
	\bar{X}/R -карты	Аналогична предыдущей карте, но менее точна, т.к. для облегчения вычислений мерой разброса служит упрощенная характеристика R
	\tilde{X}/R -карты	Аналогична предыдущим картам, но еще менее точна и потому дает меньшую возможность выявить отклонения, преимуществом может служить простота ее построения и, следовательно, она более пригодна непосредственно на рабочем месте
	$X-MR$ карты	Применяется, когда велики продолжительность или стоимость измерения контролируемого параметра, при этом мерой разброса параметров служит скользящий размах (например, разность первого и второго измерений, затем второго и третьего и т.д.)
альтернативные	p-карта	Позволяет одновременно контролировать несколько параметров, причем число проверяемых изделий n может меняться (например при анализе продукции, изготовленной за определенный интервал времени – час, смену и т.п.). Особенно удобна при приемочном контроле сложных изделий, когда перед отправкой потребителю проверяется вся продукция (возможно по нескольким характеристикам)
	np-карта	Аналог предыдущей карты, но требует выборки одинакового объема
	c-карта	Для числа дефектов в изделиях одинакового размера (например, число царапин на листах металла одного размера); требует выборки одинакового объема
	u-карта	Для числа дефектов в изделиях разного размера (например, число дефектов в сварке различных конструкций); объем выборки может быть разным

Построение контрольных карт должно начинаться с установления показателя качества. В первую очередь рекомендуется выбирать те показатели, которые влияют на эксплуатационную эффективность продукции. Они могут относиться к характеристикам составных частей продукции или к продукции в целом.

Далее выбирают частоту взятия подгрупп и их объемы. Общих правил по выбору частоты взятия подгрупп и их объемов не существует. Частота может зависеть от стоимости процедур выборочного отбора и анализа, а объем подгрупп – от ряда практических соображений. Например, большие подгруппы, берущиеся с меньшей частотой, могут обнаружить малый сдвиг среднего значения процесса более точно, малые подгруппы, берущиеся чаще, обнаруживают большие сдвиги быстрее.

Обычно 20-25 подгрупп с объемом 4-5 единиц каждая (для карт по количественным признакам) рассматриваются как приемлемый вариант для получения предварительных оценок. Частота отбора выборок для процессов, показывающих на протяжении длительного периода статистическую управляемость, может снижаться. Собирается и анализируется некоторое количество данных контроля или измерений, чтобы с их помощью определить предварительные значения центральной линии и контрольных границ контрольных карт.

Если все наносимые точки находятся внутри границ регулирования, то считают, что технологический процесс протекает стабильно и рассчитанные границы регулирования оставляют для последующих периодов. Если же некоторые точки выходят за границы регулирования, то причины этого явления изучаются, после чего принимаются меры, предупреждающие их повторение. Эти точки исключаются из расчета границ регулирования, и координаты этих границ пересчитывают.

Пример 6.1. построения карты для количественных признаков.

Принимаем условия расточки посадочного места полумуфты (смотри пример 1.1.). Для построения контрольной карты по количественным признакам необходимо замерить действительные размеры диаметра. Для этого использовали нутромер с цифровой индикацией № 6.

Объект измерения - диаметр расточки. Установили частоту выборки 3 раза в день (в 8, в 12, в 15 часов), объем выборки 5 штук.

Отобрав мгновенную выборку и измерив каждое изделие по исследуемому параметру, заносят результаты в заранее разработанный для этого процесса контрольный листок. За период наблюдения за технологическим процессом отбирают 20-25 мгновенных выборок.

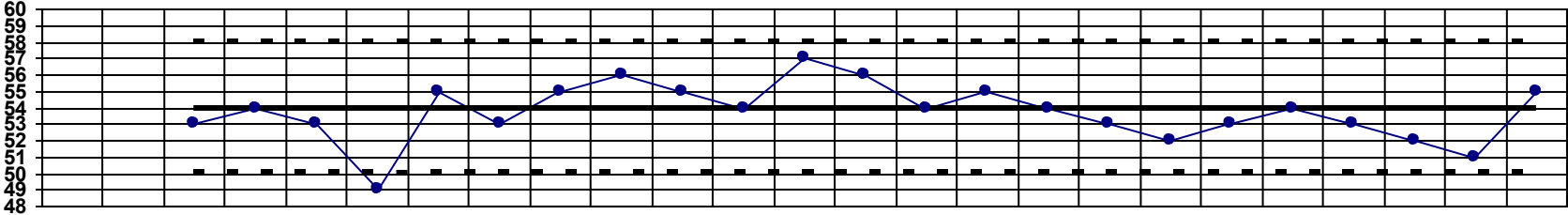
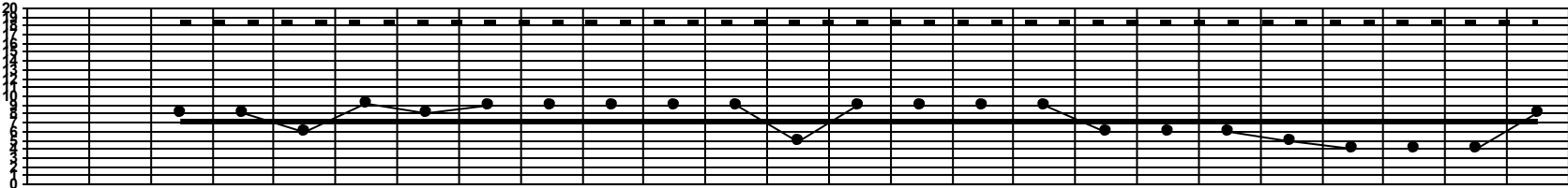
Вычисляют среднее значение \bar{X} и размах R для каждой выборки.

Вычисляют среднюю линию и контрольные границы. Размечают шкалы для карт \bar{X} и R ; наносят среднюю линию, контрольные границы, значения \bar{X} и R .

Анализ статистической управляемости может осуществляться по нескольким критериям, некоторые из них приведены в правой части контрольной карты (ситуации неуправляемого состояния процесса).

Если все точки, соответствующие выборочным средним значениям контролируемого параметра и его изменчивости, оказываются внутри контрольных пределов, не проявляя каких бы то ни было тенденций, то процесс рассматривается как находящийся в контролируемом состоянии.

**Контрольная карта оценки статистической управляемости процесса
для количественного признака**

Производство/цех <i>Цех № 15</i>	Номер и наименование детали <i>полумуфта</i>	Характеристика <i>точность</i>	Частота выборок 3 раза в день	Объем выборок <i>5 штук</i>	Дата <i>25.10.03</i>																						
Изготовитель <i>Кашипов А.Ю.</i>	Номер и наименование операции <i>расточка</i>	Предельные значения по чертежу <i>d=31,3+0,2 мм</i>	Измерительный инструмент <i>нутромер № 6</i>		Расчеты произвел <i>Агафонов С.Т.</i>																						
<div>Карта средних \bar{X}<div>$\bar{\bar{X}}$=среднее $\bar{\bar{X}}$=50</div><div>$UCL_X=\bar{\bar{X}}+A_2\bar{R}$=54</div><div>$LCL_X=\bar{\bar{X}}-A_2\bar{R}$=58</div></div> 					<div>Ситуации неуправляемого состояния процесса</div> <div>- Точка за пределами контрольных границ</div> <div>- Серия из 7 точек выше (или ниже) центральной линии</div> <div>- Возрастающая (или убывающая) серия точек</div> <div>- Любые другие проявления неслучайного поведения</div>																						
<div>Карта размахов R<div>\bar{R} =среднее R=</div><div>$UCL_R=D_4\bar{R}$=15</div><div>$LCL_R=D_3\bar{R}$=0</div></div> 					<div>Процесс должен находиться в управляемом состоянии при оценивании его воспроизводимости</div>																						
Дата/время	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	п-объем выборки			
1	56	51	52	55	59	50	57	56	54	59	59	50	50	56	55	54	50	51	54	54	51	50	58	n	A ₂	D ₃	D ₄
3	53	50	56	51	52	55	59	50	57	56	54	59	59	50	50	56	55	54	50	51	54	54	51	2	1,88	-	3,27
4	58	53	50	56	51	52	55	59	50	57	56	54	59	59	50	50	56	55	54	50	51	54	54	3	1,02	-	2,57
5	50	58	53	50	56	51	52	55	59	50	57	56	54	59	59	50	50	56	55	54	50	51	54	4	0,73	-	2,28
																								5	0,58	-	2,11
$\bar{X} = \text{сумма} / n$	53	54	53	49	55	53	55	56	55	54	57	56	54	55	54	53	52	53	54	53	52	51	55	Если n<7 LCL _R не строится			
R=max-min	8	8	6	6	8	9	9	9	9	9	5	9	9	9	9	6	6	6	5	4	4	4	8				

Выявленные особые случаи должны быть проанализированы и скорректированы. Разумеется, при проведении анализа и интерпретации контрольных карт, кроме рассмотренных критериев неуправляемого состояния, следует обращать внимание на любую необычную структуру точек, при этом необходимо проявлять осторожность, поскольку такие структуры могут возникать, например, из-за ошибок в расчете и нанесении контрольных границ и выборочных характеристик. Таким образом, контрольная карта помогает не только выявить несоответствие процесса требованиям потребителя, но и предвидеть возможности его появления в будущем и своевременно корректировать ход процесса до возникновения несоответствий. Анализ начинают с карты размахов. В нашем примере на карте размахов точек за контрольными границами не наблюдается.

В период с 4 по 10 октября наблюдается серия из семи точек выше средней линии, что является признаком увеличения изменчивости процесса.

В период с 16 по 22 октября наблюдается серия из семи точек ниже средней линии, что является признаком уменьшения изменчивости процесса.

В период с 15 по 23 октября наблюдается убывающая серия из 6 точек (такое расположение точек, называемое трендом или дрейфом, может указывать на то, что в течение этого интервала времени или тренда на процесс воздействуют неслучайные причины изменчивости, приводящие в данном случае к уменьшению изменчивости).

К любым другим проявлениям неслучайного поведения можно отнести наличие более двух трети точек из общего числа точек в средней трети полосы (диапазон $\pm 1 \sigma$), что может быть следствием того, что выборки, используемые для построения карт, не являются представительными, либо указывает на присутствие неслучайных причин изменчивости (возможно, каждая выборка содержит измеренные значения от двух или больше производственных линий с очень различной установкой процесса, например, каждый шпиндель в многошпиндельном станке; возможно, данные были очищены, т.е. выборки с размахами, значительно отклоняющимися от среднего \bar{R} , были изменены или устранены). Прежде, чем сделать соответствующие выводы о причине такого несоответствия, нужно проверить, правильно ли вычислены и нанесены контрольные границы и точки.

Далее проводят анализ контрольной карты \bar{X} .

В нашем примере на карте \bar{X} 4 октября точка вышла за контрольные границы (что, как правило, указывает на наличие неслучайных причин изменчивости), что может означать сдвиг среднего значения процесса; в период с 11 по 17 октября наблюдается серия из семи убывающих точек, что обусловлено уменьшением среднего значения процесса.

Выявленные особые случаи требуют изучения и соответствующей корректировки. Проведение такой планомерной работы будет способствовать не только стабилизации, но и улучшению качества, так как постепенно будут выявляться наиболее существенные и часто повторяющиеся причины возникновения несоответствий.

Задание для самостоятельной работы (практическая работа № 6):

На шлифовальном участке цеха № 3 производится шлифовка наружного диаметра валика, диаметром $3^{+0,1}_{-0}$ мм. Необходимо определить статистическую управляемость процесса. Для этого построить (\bar{X} и R)- карту, данные для расчетов берутся из таблицы случайных чисел, из столбца указанного преподавателем, что будет соответствовать отклонению размеров в микрометрах. Период сбора данных определяется студентом самостоятельно, объем выборки равен 5.

Форма отчета: студент должен предоставить заполненный бланк контрольной карты с результатами проведенного анализа управляемости процесса.

Пример 6.2. построения карты для альтернативных признаков

Принимаем условия расточки посадочного места полумуфты (смотри пример 1.1.). Цель контроля констатация реального уровня дефектности в наблюдаемый период, анализ процесса и определение реальных возможностей на ближайший плановый период. На основе контрольного листка заполняем карту p . По данным контрольного листка заполняем строку числа несоответствующих изделий в выборке, объем выборки, подсчитываем и записываем долю несоответствующих изделий в выборке.

На шкалу по вертикали наносят деления для долей несоответствующих изделий (удобнее в процентах), а по горизонтали – номера выборок.

Находят и наносят на бланк среднюю и контрольные границы. Следует обратить внимание на то, что при расчете контрольной границы LCL получается отрицательное число. Такая ситуация может возникнуть при расчете контрольных границ из-за того, что вычисления производятся приближенными методами. Поэтому контрольную границу совмещают с осью абсцисс (приравнивают к нулю). Кроме того, следует помнить, что число несоответствий в выборке и число несоответствующих изделий могут быть только целыми числами, поэтому полученные значения для верхней границы округляют до ближайшего большего целого числа, а для нижней границы – до ближайшего меньшего целого числа. Наносят точки, соответствующие значениям p .

В случае, когда объем выборки n неодинаков при каждом отборе, то долю дефектных изделий и границы для нее вычисляют для каждой выборки.

Рассматривая значение \bar{p} исследуют, насколько оно отвечает требованиям с технической и экономической точек зрения. Если это значение будет признано удовлетворительным, то его используют как среднюю контрольную линию. Если же принимается решение, что доля дефектных изделий слишком велика, то необходимо выработать воздействия, уменьшающие долю дефектных изделий.

После применения таких мер воздействия, отбирают новые данные и процедуру построения контрольной карты повторяют.

В нашем примере (смотри рисунок 6.2) среднее значение равно 6, что является приемлемым показателем для литейных заготовок, поэтому его оставляют в качестве средней линии для дальнейших наблюдений.

Построенная контрольная карта содержит точки, вышедшие за контрольную границу (8, 18, 24, 26 октября и 2 ноября). Каждый такой выход должен фиксироваться и сразу тщательно разбираться с целью выявления и устранения причин несоответствий.

В средней трети полосы находится всего 3 точки, это значительно меньше двух третей от общего числа точек. Поэтому, проверив, нет ли ошибок в вычислении и нанесении контрольных границ и точек, изучают, не содержат ли выборки измеренные значения двух и более производственных линий со значительно отличающимся разбросом, а в отдельной выборке представлена только часть этих производственных линий (например, различие сырья).

Когда существует несколько производственных линий, установок и станков, они должны быть испытаны и проверены отдельно.

Задание для самостоятельной работы (практическая работа № 7):

Проверить статистическую управляемость процесса изготовления литого корпуса сельсина, полученного точением наружного диаметра размером $28^{+0,15}_{-0}$ мм. Отбор производится ежедневно, объем выборки варьируется по числу изделий произведенных за день (взять из таблицы случайных чисел, из столбца, указанного преподавателем), число несоответствий в выборке равно 2. Допустимая доля несоответствующих изделий в выборке составляет 10%.

Форма отчета: студент должен предоставить заполненный бланк контрольной карты с результатами проведенного анализа управляемости процесса.

Контрольные вопросы:

1. Назначение контрольных карт
2. Область применения контрольных карт
3. Автор контрольных карт
4. Преимущества контрольных карт перед другими графическими средствами.
5. Два типа контрольных карт
6. Порядок построения контрольных карт
7. Анализ контрольных карт
8. Сколько сигма составляют контрольные и предупредительные границы
9. Особые и обычные причины изменчивости процесса
10. Когда процесс находится в статистически управляемом состоянии
11. 4 случая неуправляемости процесса
12. Отличие контрольных карт по количественному и альтернативному признакам.
13. Взаиморасположение контрольных границ и границ технологического допуска

Контрольная карта оценки статистической управляемости процесса
для альтернативного признака

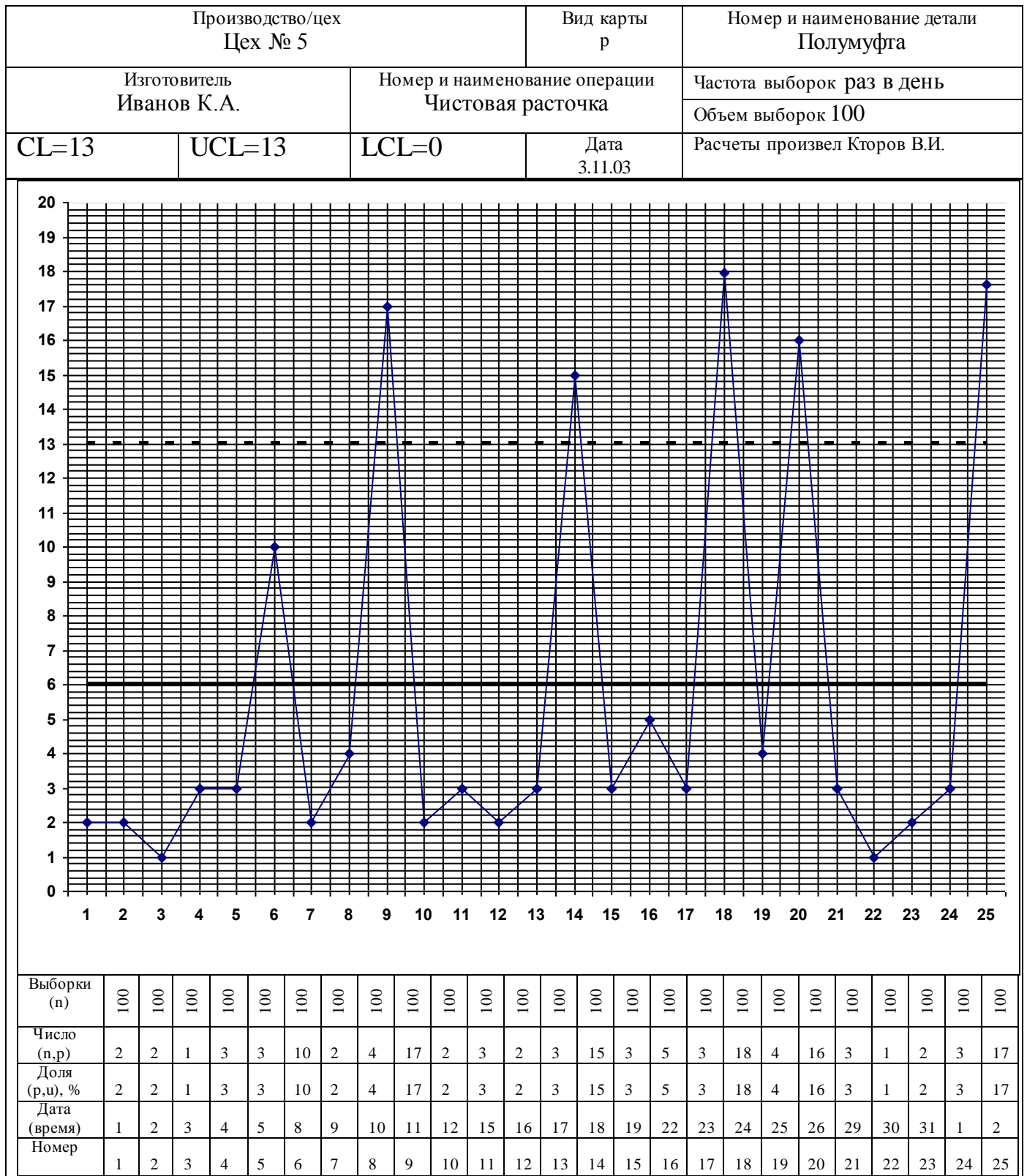


Рисунок 6.2.

Литература:

1. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. «Всеобщее управление качеством: учебник для вузов», - М.: Радио и связь, 1999. - 600с. [150-155 стр.]
2. Адлер Ю.П., Полховская Т.М., Шпер В.Л., Нестеренко П.А. «Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов: учебное пособие для вузов», М: МИСИС, 2001. - 138 с. [78-118 стр.]
3. Жулинский С.Ф., Новиков Е.С., Пospelов В.Я. «Статистические методы в современном менеджменте качества». - М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001. - 208 с. [30, 143-148, 156-169 стр.]
4. «Управление качеством: т.2. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Основы обеспечения качества: учебник/ под общей редакцией Азарова В.Н. М.: МГИЭМ, 2002, 356 с. [231-246 стр.]
5. «Статистическое управление процессами (SPC). Руководство. Перевод с англ. (с дополн.). - Н. Новгород: СМЦ «Приоритет», 1997, 170 с. [13-21 стр]
6. «Применение статистических методов для рабочих». СМЦ «Приоритет». 1995 [13-21 стр]

Таблица случайных чисел

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1534	7106	2836	7873	5574	7545	7590	5574	1202	7712
6128	8993	4102	2551	0330	2358	6427	7067	9325	2454
6047	8566	8644	9343	9297	6751	3500	8754	2913	1258
0806	5201	5705	7355	1448	9562	7514	9205	0402	2427
9915	8274	4525	5695	5752	9630	7172	6988	0227	4264
2882	7158	4341	3463	1178	5786	1173	0670	0820	5067
9213	1223	4388	9760	6691	6861	8214	8813	0611	3131
8410	9836	3899	3683	1253	1683	6988	9978	8026	6751
9974	2362	2103	4326	3825	9079	6187	2721	1489	4216
3402	8162	8226	0782	3364	7871	4500	5598	9421	3816
8188	6596	1492	2139	8823	6878	0613	7161	0241	3834
3825	7020	1124	7483	9155	4919	3209	5959	2364	2555
9801	8788	6338	5899	3309	0807	0968	0539	4205	8257
5603	1251	6352	6467	0231	3556	2569	9446	4174	9219
0714	3757	0378	8266	8864	1374	6687	1221	0678	3714
4617	5662	7627	0372	8151	3668	1994	4402	2124	0016
6789	6279	7306	1856	7028	9043	7161	7526	6913	6396

Таблица кодовых значений

n'								
8	0	0	34	9	10	61-62	20	22
9-11	0	1	35-36	9	11	63	20	23
12-14	1	2	37-38	10	12	64	21	23
15-16	2	3	39	11	12	65	21	24
17-19	3	4	40-41	11	13	66	22	24
20	3	5	42-43	12	14	67-68	22	25
21-22	4	5	44-46	13	15	69	23	25
23	4	6	47-48	14	16	70	23	26
24	5	6	49-50	15	17	71	24	26
25	5	7	51	15	18	72	24	27
26-27	6	7	52-53	16	18	73	25	27
28	6	8	54-55	17	19	74-75	25	28
29	7	8	56	17	20	76	26	28
30-31	7	9	57	18	20	77	26	29
32	8	9	58	18	2	78	27	29
33	8	10	59-61	19	21	79	27	30

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

Рекомендуемая основная литература:

1. ЭБС ZNANIUM.COM: Белокопытов, В. И. Статистические методы управления качеством металлопродукции [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Белокопытов. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 108 с. - ISBN 978-5-7638-2229-8. <http://znanium.com/bookread.php?book=442617>
2. ЭБС ZNANIUM.COM: Управление качеством: Учебник / О.В. Аристов. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 239 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-001953-6, 2000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=344544>
3. ЭБС ZNANIUM.COM: Мхитарян, В. С. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. С. Мхитарян, Е. В. Астафьева, Ю. Н. Миронкина, Л. И. Трошин; под ред. В. С. Мхитаряна. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Московский финансово-промышленный университет "Синергия", 2013. - (Университетская серия). - ISBN 978-5-4257-0106-0. <http://znanium.com/bookread.php?book=451329>
4. ЭБС ZNANIUM.COM: Теория статистики.: Учебник / Под ред. Г.Л. Громыко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 476 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-004857-4, 500 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=357571>
5. ЭБС ZNANIUM.COM: Статистический анализ данных в MS Excel: Учебное пособие / А.Ю. Козлов, В.С. Мхитарян, В.Ф. Шишов. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 320 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004579-5, 1000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=238654>

Рекомендуемая дополнительная литература:

6. ГОСТ Р 50779.10-2000 "Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения" <http://vsegost.com/Catalog/48/4831.shtml>
7. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта <http://vsegost.com/Catalog/85/8543.shtml>
8. ГОСТ Р 50779.0-95 Статистические методы. Основные положения <http://vsegost.com/Catalog/18/18845.shtml>
4. Журнал: Методы менеджмента качества Выпуски: 01.2009 - 01.2013 http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9546

Рекомендуемые интернет-ресурсы:

9. Глобальный интеллектуальный Портал [statistica.ru](http://www.statistica.ru) - <http://www.statistica.ru/local-portals/quality-control/statisticheskie-metody-regulirovaniya-tekhnologicheskikh-protsessov/>
10. Научно-аналитический центр мониторинга промышленных процессов - [http:// www.stabbs.ru/](http://www.stabbs.ru/)
11. Управление качеством - <http://www.klubok.net/article2426.html>
12. Центр креативных технологий - <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0006/>
13. Центр статистического анализа - <http://statmethods.ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
Тема 1 Контрольный листок	3
Тема 2 Причинно-следственная диаграмма	7
Тема 3 Метод стратификации	12
Тема 4 Диаграмма Парето	16
Тема 5 Диаграмма рассеивания (разброса)	20
Тема 6 Контрольные карты	25
Приложения	38
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ	39

Учебное издание

Закирова Альфия Равильевна

Статистические методы в управлении качеством
Пособие для проведения практических занятий

Дизайн обложки
М.А. Ахметов

Подписано в печать 14.09.2013.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Формат 60х84 1/16. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. .

Тираж экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательства Казанского университета

420008, г. Казань, ул. Профессора Нухина, 1/37
тел. (843) 233-73-59, 233-73-28